

***LABORATORY PROJECT BASED SYNTHESIS ORGANIC USING  
RETROSYNTHETIC APPROACH (LPBSOURA) UNTUK  
MENINGKATKAN KETERAMPILAN GENERIK SAINS DAN  
BERPIKIR KRITIS MAHASISWA***

**DISERTASI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh  
gelar doktor Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam



**Oleh**

**Lusia Narsia Amsad**

**NIM 1502502**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN IPA  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

**2019**

# ***Laboratory Project Based Synthesis Organic Using Retrosynthetic Approach (LPBSOURA) Untuk Meningkatkan Keterampilan Generik Sains dan Berpikir Kritis Mahasiswa***

Oleh

Lusia Narsia Amsad

Dr. Pendidikan IPA Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, 2019

M.Si Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2007

Sebuah Disertasi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Doktor Pendidikan (Dr.) pada Pendidikan IPA Sekolah Pascasarjana

© Lusia Narsia Amsad 2019

Universitas Pendidikan Indonesia

September 2019

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Disertasi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN**

**LUSIA NARSIA AMSAD**

***LABORATORY PROJECT BASED SYNTHESIS ORGANIC USING  
RETROSYNTHETIC APPROACH (LPBSOURA) UNTUK MENINGKATKAN  
KETERAMPILAN GENERIK SAINS DAN BERPIKIR KRITIS MAHASISWA***

Disetujui dan disahkan oleh panitia disertasi,

Promotor



Prof. Dr. Liliasari, M.Pd  
NIP. 194909271978032001

Ko-promotor



Prof Dr. Asep Kadarohman, M. Si  
NIP. 196305091987031002

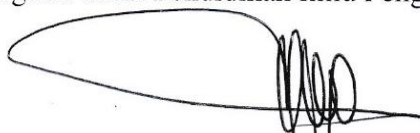
Anggota



Dr. Ratnaningsih Eko Sardjono, M.Si.  
NIP. 1969040191992032002

Mengetahui

Ketua Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Riandi, M.Si  
NIP. 196305011988031002

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi yang berjudul “*LABORATORY PROJECT BASED SYNTHESIS ORGANIC USING RETROSYNTHETIC APPROACH* (LPBSOURA) UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN GENERIK SAINS DAN BERPIKIR KRITIS MAHASISWA” beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung sanksi tindakan hukum yang dijatuhkan kepada saya apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya.

Bandung, September 2019

Yang membuat pernyataan,



Lusia Narsia Amsad

NIM. 1502502

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan ke hadapan hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala kasih dan anugerahNya sehingga disertasi yang berjudul “*Laboratory Project Based Synthesis Organic Using Retrosynthetic Approach* (LPBSOURA) Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Keterampilan Generik Sains Mahasiswa” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan disertasi ini merupakan sebagian syarat untuk memperoleh gelar doktor pada bidang pendidikan dan Ilmu pengetahuan Alam di sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia.

Pentingnya melatih keterampilan berpikir kritis (KBK) maupun keterampilan generik sains (KGS) bagi mahasiswa kimia untuk menghadapi tantangan global dalam era 4.0 yang lebih kompleks dan dinamis melatarbelakangi penulisan disertasi ini. Pelatihan KBK dan KGS dapat dilakukan melalui proses pengalaman belajar mahasiswa yang dilakukan pada kegiatan praktikum di laboratorium. Dengan demikian pelatihan KBK dan KGS ini diharapkan dapat diterapkan pada mata kuliah Praktikum Kimia Organik II.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan salah satu LPTK di Papua menunjukkan bahwa kemampuan mahasiswa yang minim untuk dapat mengintegrasikan kemampuan prasyarat kimia organik yang dimilikinya dengan pelaksanaan sintesis senyawa organik di laboratorium. Selain itu capaian pemahaman konsep-konsep sintesis senyawa organik yang dimiliki oleh mahasiswa juga masih kurang.

Berbagai temuan tersebut membuat penulis menyadari perlu adanya pembelajaran kimia organik sintesis yang lebih autentik melalui pelaksanaan pembelajaran di laboratorium. Untuk itu pembelajaran di laboratorium tersebut diarahkan untuk dapat meningkatkan KBK dan KGS dari mahasiswa. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan jika pembelajaran kimia organik sintesis yang berbasis *Laboratory Project Based Synthesis Organic by Using Retrosynthetic Approach* dapat meningkatkan penguasaan konsep, keterampilan generik sains dan berpikir kritis dari mahasiswa.

Penulis menyadari adanya berbagai keterbatasan dan kekurangan dari penulisan disertasi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun

demi penyempurnaan penulisan disertasi ini sangat penulis harapkan. Kiranya hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat maupun kontribusi demi pengembangan ilmu secara khusus dalam pembelajaran kimia.

Bandung, September 2019

Lusia Narsia Amsad

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada penulisan disertasi ini melibatkan banyak pihak yang memberikan kontribusi mulai dari tahapan awal penelitian sampai pada akhir penulisan disertasi. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Liliarsari ,M.Pd., selaku Promotor yang sekaligus sebagai pembimbing akademik dan orangtua kami di kampus yang telah dengan ikhlas, penuh kesabaran, dan tanggung jawab, memotivasi, membimbing, mendidik, dan membekalkan sejumlah keterampilan dan pengetahuan, serta memberikan sejumlah keterampilan dan pengetahuan yang berharga kepada penulis bagi penyelesaian disertasi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Asep Kadarohman, M.Si selaku Ko Promotor dan juga sebagai Rektor Universitas Pendidikan Indonesia yang telah bertanggung jawab membimbing, mendidik, memberi pencerahan, memotivasi, memfasilitasi serta membantu memberikan masukan yang berharga kepada penulis dalam penyelesaian disertasi ini.
3. Ibu Dr. Ratnaningsih Eko Sardjono selaku Anggota Promotor yang telah bertanggung jawab membimbing, mendidik, memberi pencerahan, memotivasi, serta memberikan masukan yang berharga kepada penulis dan pengampu mata kuliah Praktikum Kimia Organik II yang memfasilitasi dalam proses implementasi penelitian untuk penulisan disertasi ini
4. Bapak Dr. Riandi, M. Si. selaku ketua Program Studi Pendidikan IPA Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia yang sangat membantu memfasilitasi dan memberi arahan pada penulisan disertasi ini.
5. Bapak dan Ibu dosen pada Program Studi Pendidikan IPA Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia yang telah memberikan sejumlah pengetahuan dan keterampilan selama kegiatan perkuliahan maupun dalam penyelesaian disertasi ini.
6. Bapak Dekan Fakultas PMIPA Universitas Pendidikan Indonesia yang telah banyak membantu memfasilitasi dan memberikan kesempatan kepada penulis pada penulisan disertasi ini.

7. Bapak Menteri Ristekdikti yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk mendapatkan tugas belajar dan memberikan beasiswa BPP-DN kepada penulis.
8. Bapak Dr. rer.nat. Ahmad Mudzakir selaku Ketua Departemen Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Indonesia yang memfasilitasi untuk penulis melakukan ujicoba optimasi praktikum di laboratorium.
9. Ibu Fitri Khoerunnisa. M. Si, Ph. D selaku Sekretaris Departemen yang membantu memfasilitasi dalam penulisan disertasi ini.
10. Ibu Dr. Florentina Maria Titin Supriyanti, M. Si, selaku ketua LKOB FPMIPA UPI yang telah memfasilitasi dalam ujicoba optimasi praktikum LPBSOURA di laboratorium.
11. Ibu Dewi Kurnia, S.Pd dan Bapak Zul Asmar KS, S.Pd selaku laboran yang banyak menolong dan mendampingi selama optimasi praktikum LPBSOURA di laboratorium.
12. Bapak Dr. Iqbal Mustapha, S. Pd.,M. Si., selaku pengampu mata kuliah Praktikum Kimia Organik II yang memfasilitasi pada implementasi praktikum di Laboratorium, selaku Tim Validator dan Tim Komisi yang membantu memvalidasi perangkat penelitian dan menyempurnakan penulisan disertasi ini.
13. Bapak Prof Dr. Andi Suhandi, S. Pd., M.Si selaku ketua Komisi Disertasi, dan Bapak Dr. Harry Firman, M. Pd, selaku Tim Komisi yang membantu menyempurnakan penulisan disertasi ini.
14. Bapak Prof. Dr. Sudarmin, M.Si., selaku validator yang telah membantu memvalidasi perangkat penelitian ini.
15. Rektor beserta pimpinan, Dekan FKIP beserta Pembantu Dekan I, II, dan III, Universitas Cenderawasih yang telah memberikan kesempatan maupun izin kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan di tingkat doktoral pada Pendidikan IPA di Universitas Pendidikan Indonesia.
16. Bapak Alex. A. Lepa, M. Si, selaku Ketua Jurusan PMIPA telah memberikan motivasi maupun izin kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan di tingkat doktoral pada Pendidikan IPA di Universitas Pendidikan Indonesia.



17. Ibu Dolvina C. Koirewoa, M. Pd, selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia dan Tim Pengampuh Mata Kuliah Kimia Organik Lanjut di Universitas Cenderawasih dan Praktikum Kimia Organik II yang telah memfasilitasi pada ujicoba terbatas dan ujicoba soal.
18. Ibu Dr. Florida Doloksaribu, M. Si., selaku Kepala Laboratorium dan Bapak Frans Deminggus, M. Si, selaku laboran pada Pendidikan Kimia di Universitas Cenderawasih yang telah memfasilitasi pada tahapan ujicoba terbatas yang dilakukan di laboratorium.
19. Bapak Jukwati, M.Si. selaku Tim Pengampu Mata Kuliah Kimia Organik Lanjut dan Praktikum Kimia Organik II di Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Cenderawasih yang telah memfasilitasi pada tahapan ujicoba terbatas .
20. Bapak dan Ibu teman sejawat pada Program Studi Pendidikan Kimia, Jurusan PMIPA dan FKIP di Universitas Cenderawasih yang memberi dorongan, masukan agar penulis dapat menyelesaikan disertasi ini tepat waktu.
21. Adik-adik mahasiswa di salah satu Universitas Negeri Bandung dan Papua yang telah berpartisipasi secara tulus ikhlas pada penelitian ini.
22. Kedua orangtuaku terkasih, Yohanis Amsad (Alm) dan Yohanna Ponno, sebagai sumber kehidupan, pembimbing utama, pendidik, motivator yang telah membesarkan penulis dengan kasih sayang dan tiada henti-hentinya berdoa bagi tercapainya harapan anaknya sehingga penulis bisa menggapai asa dan harapan.
23. Kedua mertuaku terkasih, Kusmarno dan Titik Suprptiningdyah ( Alm) yang selalu memberikan motivasi, dukungan doa dan membantu dalam penulis dalam penyelesaian disertasi ini.
24. Secara khusus Suamiku tercinta dan kekasih hatiku Paulus Kushendratmo atas dukungan doa, motivasi, perhatian yang tulus, kesetiaan dan kesabaran serta pengorbanan yang tiada tara bagi penulis sehingga dapat menyelesaikan disertasi ini dan pendidikan doktoral di Universitas Pendidikan Indonesia. Buah hatiku yang tercinta dan tersayang, Keyla Rachel Pausiana yang selalu membanggakan, mendatangkan kebahagiaan

dan sukacita lewat keceriaanmu walaupun harus terpisah jarak selama beberapa tahun ini.

25. Kakak dan Adik terkasih, Iryanuwati Amsad, Lakte Amsad, dan Musa Amsad serta keponakanku: Daniel, Misel, Anra dan Belicia yang selalu memberikan perhatian dan motivasi untuk penulis terus berjuang.
26. Seluruh keluarga besarku di Merauke, Jayapura, Sorong, Makassar, dan Pulau Jawa yang selalu mendoakan, memotivasi serta memberikan bantuan moril dan materil bagi penulis selama menyelesaikan disertasi ini.
27. Teman-teman Laskar “L” yang selalu berbagi rasa suka duka, menolong, memotivasi, memberikan perhatian, bahkan menyemangati penulis selama penulisan disertasi ini.
28. Rekan-rekan seperjuangan S3 Pendidikan IPA angkatan Tahun 2015, Anvullen dan adik-adik tingkat atas kebersamaan, kerjasama, dan motivasi selama menempuh pendidikan doktoral di Universitas Pendidikan Indonesia.
29. Gembala, hamba Tuhan dan seluruh jemaat dari GPdI PELKA Bandung, GPdI PISGA Jayapura, dan GPdI Bethesda Merauke yang selalu mendukungku dengan doa-doa mereka.
30. Semua pihak yang telah mendukung dan mendoakan penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga memohon maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak jika penulis melakukan kesalahan baik melalui tutur kata atau perbuatan sengaja atau tidak sengaja. Akhirnya segala berkat dan rahmat dari Tuhan Yang Maha Kuasa selalu dilimpahkan kepada semua pihak yang telah membantu baik secara moril dan materil dalam penyelesaian disertasi ini.

Penulis

Lusia Narsia Amsad

**LABORATORY PROJECT BASED SYNTHESIS ORGANIC USING  
RETROSYNTHETIC APPROACH (LPBSOURA) UNTUK MENINGKATKAN  
KETERAMPILAN GENERIK SAINS DAN BERPIKIR KRITIS MAHASISWA**

**ABSTRAK**

Umumnya mahasiswa mengalami kesulitan dalam menyelesaikan permasalahan sintesis senyawa organik, disebabkan tidak dapat mengintegrasikan konsep-konsep dasar kimia organik. Pembelajaran LPBSOURA menggunakan pendekatan retrosintetik untuk dapat memprediksi senyawa *starting material* menggunakan bantuan *software MarvinSketch* dan *Reactor ChemAxon*. Prinsip sintesis adalah *green chemistry*. Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji model pembelajaran LPBSOURA yang disusun untuk meningkatkan penguasaan konsep, keterampilan generik sains dan berpikir kritis mahasiswa. Desain penelitian yang digunakan *Mixed Methods Embedded Experimental Model*. Instrumen yang digunakan berupa soal tes uraian sebanyak 12 soal dan lembar kerja mahasiswa. Ujicoba terbatas terhadap 16 mahasiswa pada salah satu universitas negeri di Papua menyatakan tes valid dan reliabel. Implementasi program menggunakan subjek penelitian pada kelas eksperimen (28 mahasiswa) dan kontrol (31 mahasiswa) dari universitas negeri di Bandung. Untuk analisis data digunakan %N-Gain dan uji beda *Mann Whitney test*. Hasil penelitian menunjukkan adanya pencapaian %N-Gain pada kelas eksperimen yang berbeda secara signifikan dengan kelas kontrol ( $p < 0,005$ ). Berdasarkan hasil penelitian ditemukan terdapat adanya peningkatan penguasaan konsep, keterampilan generik sains dan keterampilan berpikir kritis mahasiswa. Pada penguasaan konsep mahasiswa di kelas eksperimen diperoleh %N-Gain tertinggi pada isomer geometri dan terendah pada reaksi *Friedel Crafts*. Untuk keterampilan generik sains mahasiswa rata-rata %N-Gain tertinggi pada indikator inferensial logika dan terendah pada membangun konsep. Keterampilan berpikir kritis mahasiswa %N-Gain yang paling tertinggi pada indikator memberikan penjelasan sederhana menganalisis argumen, sedangkan yang terendah pada memberikan penjelasan sederhana untuk mempertimbangkan kredibilitas sumber. Mahasiswa memberikan tanggapan positif terhadap LPBSOURA.

**LABORATORY PROJECT BASED SYNTHESIS ORGANIC USING  
RETROSYNTHETIC APPROACH (LPBSOURA) TO IMPROVE STUDENTS'  
GENERIC SCIENCE AND CRITICAL THINKING SKILLS**

**ABSTRACT**

Generally students experience difficulties in solving problems of organic synthesis, because they cannot integrate basic concepts of organic chemistry. LPBSOURA learning uses the retrosynthetic approach to predict the starting materials compound by using the assist of MarvinSketch and Reactor ChemAxon software. The synthesis principle is green chemistry. The study purpose was to examine the improving students' mastery of concepts, generic science and critical thinking skills in LPBSOURA learning. The research design used Mixed Methods Embedded Experimental Model. The instruments used 12 questions of essay test. The limited trial found valid and reliable by using students at one state university in Papua. In the program implementation participants in experimental class (28 students) and controls (31 students) came from one state university in Bandung. Data analyze by %N-Gain and Mann Whitney test. The results showed achievement of % N-Gain in experimental class differed significantly from control class ( $p < 0.005$ ). Based on results, it was found improvement in students' mastery of concepts, generic science and critical thinking skills. In experimental class, the highest % N-Gain of students' mastering concepts was obtained in geometric isomer and lowest in Friedel Crafts reaction. For students' generic science skills, the highest average of N-Gain was in indicator of logical inference and lowest for concepts construction. The highest %N-Gain of students' critical thinking skills was in indicators provide a simple explanation of analyzing the arguments, while the lowest one provides in the simple explanation to consider source credibility. Students give a positive response to LPBSOURA.

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b>	
<b>Halaman Hak Cipta</b> .....	ii
<b>Halaman Persetujuan</b> .....	iii
<b>Halaman pernyataan</b> .....	iv
<b>Kata Pengantar</b> .....	v
<b>Ucapan Terima kasih</b> .....	vi
<b>Abstrak</b> .....	xi
<b>Daftar Isi</b> .....	xiii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Rumusan Masalah dan Pertanyaan Penelitian.....	6
1. Rumusan Masalah.....	6
2. Pertanyaan Penelitian.....	6
C. Pembatasan Masalah.....	6
D. Tujuan Penelitian.....	7
E. Kontribusi Penelitian dan Signifikansi Penelitian.....	7
1. Kontribusi Penelitian.....	7
2. Signifikansi Penelitian.....	7
F. Penjelasan Istilah.....	7
G. Sistematika Penulisan .....	8
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	9
A. Karakteristik Pengembangan Pembelajaran Kimia Organik .....	9
B. Pembelajaran <i>Laboratory Project Based Synthesis Organic Using Retrosynthetic Approach</i> (LPBSOURA) .....	11
C. Keterampilan Generik Sains .....	19
D. Keterampilan Berpikir Kritis .....	21
E. Materi Sintesis senyawa Organik.....	24
F. <i>Software Offline ChemAxon</i> .....	43
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	47
A. <i>State of The Art</i> Penelitian .....	47
B. Paradigma Penelitian .....	48

C. Desain Penelitian .....	50
D. Subyek Penelitian.....	52
E. Instrumen Penelitian .....	52
F. Analisis Data .....	58
1. Data Kuantitatif .....	58
2. Data Kualitatif .....	60
<b>BAB 4. Hasil Penelitian, Temuan dan Pembahasan .....</b>	<b>61</b>
A. Hasil dan Temuan .....	61
1. Perancangan Model LPBSOURA .....	61
2. Ujicoba Terbatas .....	79
3. Implementasi LPBSOURA .....	86
B. Pembahasan.....	185
1. Karakteristik Pembelajaran <i>Laboratory Project Based Synthesis Organic Using Retrosynthetic Approach</i> (LPBSOURA) .....	185
2. Penguasaan Konsep Mahasiswa Setelah Implementasi Pembelajaran LPBSOURA .....	187
3. Keterampilan Generik Sains Mahasiswa Setelah Implementasi Pembelajaran LPBSOURA .....	195
4. Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa Setelah Implementasi Pembelajaran LPBSOURA .....	198
5. Hubungan Penguasaan Konsep, Keterampilan Berpikir Kritis dan Keterampilan Generik Sains.....	200
6. Tanggapan Mahasiswa Terhadap Implementasi Pembelajaran LPBSOURA .....	200
7. Keunggulan dan Keterbatasan dari Implementasi Pembelajaran LPBSOURA .....	201
<b>BAB 5. SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI .....</b>	<b>203</b>
1. Simpulan .....	203
2. Implikasi.....	204
3. Rekomendasi.....	204
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>206</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN.....</b>	<b>216</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b>	Persentase Penguasaan Konsep Mahasiswa pada Setiap konsep pada Mata Kuliah Kimia Organik Lanjut.....	3
<b>Gambar 2.1</b>	Bagan Perkembangan Model Pembelajaran Kimia Organik.....	9
<b>Gambar 2.2</b>	Perbandingan Kelas Klasikal dan <i>Kelas Project Based Learning</i> .....	14
<b>Gambar 2.3</b>	Sintesis Senyawa Ibuprofen.....	24
<b>Gambar 2.4</b>	Isomer Geometri dari 1,2-dimetilsiklopropana.....	26
<b>Gambar 2.5</b>	Rumus Dimensional Etana.....	27
<b>Gambar 2.6</b>	Rumus bola dan pasak Etana.....	28
<b>Gambar 2.7</b>	Proyeksi Newman Anti, Gauche dan Eklips dari senyawa 1,2 - dikloro Etana.....	28
<b>Gambar 2.8.</b>	Enansiomer (+)-asam laktat dan (-)-asam laktat.....	29
<b>Gambar 2.9</b>	Senyawa 5-bromodekana.....	30
<b>Gambar 2.10</b>	<i>l</i> -gliseraldehida dan <i>d</i> -gliseraldehida.....	30
<b>Gambar 2.11</b>	Interkonversi gugus fungsi senyawa alkohol.....	32
<b>Gambar 2.12</b>	Sintesis senyawa target molekul.....	32
<b>Gambar 2.13</b>	Contoh reaksi Asilasi <i>Friedel Crafts</i> .....	33
<b>Gambar 2.14</b>	Contoh Reduksi Clemmensen.....	33
<b>Gambar 2.15</b>	Contoh tahapan pada Reduksi Clemmensen.....	34
<b>Gambar 2.16</b>	Contoh Reaksi Gattermann-Koch.....	34
<b>Gambar 2.17</b>	Contoh Reaksi Wittig.....	34
<b>Gambar 2.18</b>	Contoh Reaksi Oksidasi Senyawa Benzaldehid.....	35
<b>Gambar 2.19</b>	Contoh Reaksi Cermin Perak.....	36
<b>Gambar 2.20</b>	Reduksi Senyawa Aldehida.....	36
<b>Gambar 2.21</b>	Reaksi Kondensasi Aldol.....	36
<b>Gambar 2.22</b>	Tahapan Kondensasi Aldol.....	37
<b>Gambar 2.23</b>	Contoh Reaksi Diels-Alder.....	38

## DAFTAR GAMBAR (Lanjutan)

<b>Gambar 2.24</b>	Reaksi Biginelli.....	38
<b>Gambar 2.25</b>	Contoh Reaksi Cannizzaro.....	39
<b>Gambar 2.26</b>	Contoh Regioselektivitas pada Produk.....	40
<b>Gambar 2.27</b>	Isomer Senyawa 1,2-Dibromoetena.....	40
<b>Gambar 2.28</b>	Isomer-isomer Senyawa 3-Kloro-2-Pentena.....	41
<b>Gambar 2.29</b>	Analisis Retrosintetik m-Bromoanilin.....	42
<b>Gambar 2.30</b>	Contoh Analisis Retrosintetik dari Molekul Target.....	43
<b>Gambar 2.31</b>	Layar <i>Marvinsketch</i> .....	44
<b>Gambar 2.32</b>	Kotak Analisis.....	45
<b>Gambar 2.33</b>	<i>Interface</i> pada <i>Reactor ChemAxon</i> untuk Reaksi.....	46
<b>Gambar 3.1</b>	<i>State of The Art</i> Penelitian .....	47
<b>Gambar 3.2</b>	Paradigma Penelitian.....	49
<b>Gambar 3.3</b>	<i>Embedded Experimental Model</i> .....	50
<b>Gambar 4.1</b>	Model Pembelajaran yang berhubungan dengan Prinsip-prinsip <i>Green Chemistry</i> .....	78
<b>Gambar 4.2</b>	Hasil Nilai %N-Gain Konsep pada Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.....	96
<b>Gambar 4.3</b>	Hasil %Nilai N-Gain KGS pada Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.....	115
<b>Gambar 4.4</b>	Hasil Nilai %N-Gain KBK pada Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen .....	122
<b>Gambar 4.5</b>	Struktur Molekul 1-Phenilazo-2-Naphtol dan Bentuk Padatannya .....	129
<b>Gambar 4.6</b>	Reaksi Sintesis 1- Phenilazo-2-Naphtol.....	129
<b>Gambar 4.7</b>	Senyawa Benzoin dan Tanaman <i>Styrax Benzoin</i> .....	130
<b>Gambar 4.8</b>	Reaksi Sintesis Benzoin.....	130
<b>Gambar 4.9</b>	Struktur Senyawa Dihidropirimidin dan Marine <i>Sponge Haliclona</i> .....	131



## DAFTAR GAMBAR (Lanjutan)

<b>Gambar 4.10</b>	Reaksi Sintesis Senyawa Turunan Dihidropirimidon.....	132
<b>Gambar 4.11</b>	Nilai %N-Gain Penguasaan Konsep Mahasiswa pada Pelaksanaan Praktikum Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.....	135
<b>Gambar 4.12</b>	Nilai Rata-rata Keterampilan Generik Sains Mahasiswa pada Pelaksanaan Praktikum.....	136
<b>Gambar 4.13</b>	%N-Gain KBK Mahasiswa pada Pelaksanaan Praktikum Kelas Kontrol dan Eksperimen.....	138
<b>Gambar 4.14</b>	Nilai Rata-rata Tugas <i>software ChemAxon</i> Mahasiswa pada Pelaksanaan Praktikum.....	164
<b>Gambar 4.15</b>	Tanggapan Mahasiswa Terhadap Pelaksanaan Pembelajaran LPBSOURA.....	184
<b>Gambar 4.16</b>	Urutan Konsep- konsep pada Kimia Organik.....	189
<b>Gambar 4.17</b>	Senyawa Asam Fumarat dan Asam Maleat.....	190
<b>Gambar 4.18</b>	Pilihan Posisi Diskoneksi Senyawa 1,3-diethyl 2- Benzylpropanedioate.....	191
<b>Gambar 4.19</b>	Struktur Senyawa Target Molekul.....	193
<b>Gambar 4.20</b>	Contoh Jawaban Mahasiswa pada Tugas Menuliskan Analisis Retrosintesis dari Senyawa 1- Phenilazo-2-Naphtol.....	193
<b>Gambar 4.21</b>	Contoh Jawaban Mahasiswa pada Tugas Menuliskan Analisis Retrosintesis dari Senyawa Benzoin.....	194
<b>Gambar 4.22</b>	Contoh Jawaban Mahasiswa pada Tugas Menuliskan Analisis Retrosintesis dari Senyawa Turunan Dihidropirimidon.....	195

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Indikator-Indikator Keterampilan Berpikir Kritis (Ennis, 1996).....	23
<b>Tabel 3.1</b>	Kategori Validitas (Guildford,1986).....	53
<b>Tabel 3.2</b>	Kategori Koefisien Reliabilitas (Guildford, 1986).....	54
<b>Tabel 3.3</b>	Hasil Validitas Ujicoba Soal.....	54
<b>Tabel 3.4</b>	Hasil VCR( <i>Validity Content Ratio</i> ) per item tes uraian.....	55
<b>Tabel 3.5</b>	Data, Sumber Data dan Instrumen Penelitian.....	57
<b>Tabel 3.6</b>	Kriteria Pengelompokan % <i>N-Gain</i> .....	59
<b>Tabel 4.1</b>	Persentase Mahasiswa yang Menggunakan Setiap Tahapan Pada Sintesis Senyawa Organik.....	62
<b>Tabel 4.2</b>	Desain Rencana Pembelajaran LPBSOURA.....	65
<b>Tabel 4.3</b>	Masalah yang Dihadapi dan Upaya Perbaikannya.....	83
<b>Tabel 4.4</b>	Jadwal Kegiatan Implementasi LPBSOURA.....	86
<b>Tabel 4.5</b>	Analisis Penguasaan Konsep, KGS dan KBK.....	88
<b>Tabel 4.6</b>	Distribusi Konsep-konsep pada Tes Uraian.....	91
<b>Tabel 4.7</b>	Nilai Rata-rata Tes awal dan Tes Akhir Penguasaan Konsep Mahasiswa.....	92
<b>Tabel 4.8</b>	Hasil Uji Normalitas dan Homogenitas dan Uji Beda %N-Gain Penguasaan Konsep Kelas kontrol dan Kelas Eksperimen .....	93
<b>Tabel 4.9</b>	Analisis Uji Beda %N-Gain Antar Konsep Pada Kelas Eksperimen.....	94
<b>Tabel 4.10</b>	Uji Beda %N-Gain Antar Konsep Pada Kelas Eksperimen.....	96
<b>Tabel 4.11</b>	Hasil Analisis Jawaban Mahasiswa.....	100

## DAFTAR TABEL ( Lanjutan)

<b>Tabel 4.12</b>	Indikator Keterampilan Generik sains (KGS) pada Tes Uraian.....	112
<b>Tabel 4.13</b>	Hasil Uji Normalitas dan Uji Homogenitas dan Uji Beda %N-Gain KGS Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.....	113
<b>Tabel 4.14</b>	Analisis %N-Gain KGS pada Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.....	114
<b>Tabel 4.15</b>	Uji Beda %N-Gain Antar KGS pada Kelas Eksperimen.....	116
<b>Tabel 4.16</b>	Indikator Keterampilan Berpikir Kritis pada LPBSOURA.....	119
<b>Tabel 4.17</b>	Hasil Uji Normalitas dan Uji Homogenitas dan Uji Beda %N-Gain KBK Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.....	120
<b>Tabel 4.18</b>	Tes Awal dan Tes Akhir Mahasiswa dan %N-Gain KBK pada Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen...	121
<b>Tabel 4.19</b>	Uji Beda %N-Gain Antar Indikator KBK pada Kelas Eksperimen.....	123
<b>Tabel 4.20</b>	Hasil Uji Korelasi PK,KGS dan KBK.....	126
<b>Tabel 4.21</b>	Analisis Determinasi R KGS dan KBK terhadap PK..	127
<b>Tabel 4.22</b>	Koefisien Korelasi KGS dan KBK terhadap PK.....	127
<b>Tabel 4.23</b>	Analisis Praktikum Mahasiswa dengan indikator PK, KBK dan KGS.....	133
<b>Tabel 4.24</b>	Analisis Penguasaan Konsep Pada Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.....	134
<b>Tabel 4.25</b>	Analisis KGS Pada Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.....	136
<b>Tabel 4.26</b>	Analisis KBK Pada Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.....	137
<b>Tabel 4.27</b>	Analisis Hasil Tugas Praktikum.....	139

## DAFTAR TABEL (Lanjutan)

<b>Tabel 4.28</b>	Analisis Jawaban Mahasiswa pada Tugas <i>Software ChemAxon</i> .....	165
<b>Tabel 4.29</b>	Tanggapan Mahasiswa terhadap Pembelajaran LPBSOURA.....	183

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b>	GARIS-GARIS BESAR PROGRAM PERKULIAHAN (GBPP) <i>Laboratory Project Based Synthesis Organic Using Retrosynthetic Approach</i> (LPBSOURA).....	216
<b>Lampiran 2</b>	Tes Uraian.....	249
<b>Lampiran 3</b>	LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM).....	252

## DAFTAR PUSTAKA

- Abrami, P., Bernard, R., Borokhovhovski, E., Wade, A., Surkes, M., Tamim, R., & Zhang, D. (2018). Instructional intervention affecting critical thinking skills and dispositions: A stage 1-meta-analysis. *Review of Educational Research*, 78(4), 1102-1134/
- Allinger, Norman L. et.al. (1976), *Organic Chemistry. Second edition*. New York: Worth Publishers Inc.
- Alaimo, Peter J, Langenhan, Joseph M, and syudam, Ian T. (2014), Aligning the Undergraduate Organic Laboratory Experience with Professional Work : The Centrality of Reliable and Meaningful Data. *J. Chem. Educ*, 91, 2093-2098.
- Anzovino, Marry E. & Stacey Lowery Bretz, (2015), Organic Chemistry Students' Ideas About Nucleophiles and Electrophiles: A role of Charges and Mechanisms, *Chemical Education Research and Practice*, 1-14.
- Austin, Ara C, et al, (2015), Measuring Students Performance in General Organic Chemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, 1-11.
- Amsad, L N, Liliyasi, Kadarohman A, (2017). Integrating Students' Understanding of Prerequisite Concepts into Capability to Synthesize Organic Compound. [\*Journal of Physics: Conference Series\*, Volume 895, conference 1](#)
- Amsad, L N .Liliyasi S, Kadarohman, A, Sardjono, R E. (2019) Accomplishing the Synthesis of The Dibenzalacetone by Using Retrosynthesis Approach to Explore Students' Performance. *JESTEC* (special issue, vol 1)
- Bailey, N. (2005). The Great Skills Debate : Defining and Delivering The Skills Required for Community Regeneration in England. *Planning Practice and Research*. 20, (3), 341-352.
- Balid, W, Alrouh,. I, Hussian, A, and Abdulwahed, M, ( 2012). Systems engineering design of engineering education: A case of an embedded systems course, in *1st IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering, TALE 2012*, pp. D7-D12
- Bhattacharya, Gautam.(2013). From Source to sink: Mechanistic Reasoning Using the Electron Pushing Formalism, *J. Chem. Educ.* 90, 1282 –1289.
- Bhattacharyya, Gautam & George M. Bodner.(2014). Culturing Reality: How organic Chemistry Graduate Students Develop Into Practitioner?, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 51, no.6, 694-713.
- Balija, Amy M & Aileen M. Reynolds. (2013). A Mixed Aldol Condensation Reaction with Unknown Aldehydes and Ketones: Employing Modern

Methods To Improve The Learning process For Secondary Undergraduate Organic Chemistry Students, *J. Chem.Educ.* 90, 1100 –1102.

Blazar, D & Kraft, M.A,(2016) Teacher and Teaching Effects on Students' Attitudes and Behaviors, *Educ Eval Policy Anal.* 2017 Mar; 39(1): 146–170

Blumenfeld. Phyllis C, Soloway, Elliot, Marx, Ronald W., Karjick, Joseph S., Guzdial, Mark., dan Palinscar, Annemarie.(1991). Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning, *Educational Psychologist*, 26(3&4) 369-398

Buck Institute for Education (2003). Project Based Learning Handbook: *A Guide to Standards-Focused Project Based Learning for Middle and High School Teachers*. Introduction chapter free to download at: <http://www.bie.org/tools/handbook>

Burrows, Nikita L, Nowak, Montana K and Mooring, Suazette R. (2017). Students' perceptions of a project-based Organic Chemistry laboratory environment: a phenomenographic approach. *Chem.educ.Res.Pract*, **18**, 811-824

Bott, Tina M and Wan Hayley. (2013). Using Essential Oils To Teach Advanced-Level Organic Chemistry Separation Techniques and Spectroscopy. *J. Chem. Educ.*, 90,1064-1066

[Bode](#), Jeffrey W. (2004). Reactor ChemAxon Ltd., Maramaros koz 2/a, Budapest, 1037 Hungary. [www.chemaxon.com](http://www.chemaxon.com). Contact ChemAxon for pricing information. *J. Am. Chem. Soc.*, 126 (46), pp 15317–15317

Bodé, N,E and Flynn, A B (2016), Strategies of Successful Synthesis Solutions: Mapping, Mechanisms, and More ., *J. Chem. Educ.*, vol. 93, no. 4, pp. 593–604

Bretz, Lowery Stacey, Fay michael, Bruck, Laura B, and Towns, Marry H. (2013). What Faculty Interviews Reveals about Meaningful Learning in the Undergraduate Chemistry Laboratory. *J. Chem. Educ.*, 90, 281-288

Brotosiswoyo,B.S., (2001). *Hakikat Pembelajaran MIPA di perguruan tinggi fisika*. Jakarta: PAU-PPAI Dirjen. DIKTI depdiknas

[Caspari](#), I, [Weinrich](#), M.L, [Sevian](#), L dan [Graulich](#), N. (2018). This mechanistic step is “productive”: organic chemistry students' backward-oriented reasoning, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2018, **19**, 42-59

- Catrette, David P. & Provi M. Mayo (2011). Students' Understanding of Acids/Bases in Organic Chemistry Context, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 12, 29–39.
- Carlisle, Deborah, Tyson, Julian, and Nieswandt, Martina. (2015). Fostering Spatial Acquisition by General Chemistry Students, *Chemistry Education Research and Practice*, 1-40.
- Colisson, Christina G, et al. (2012). An S<sub>N</sub>1-S<sub>N</sub>2 Lesson in Organic Chemistry Lab Using a Studio Based Approach, *J. Chem. Educ.*, 89, 750 –754.
- Cooper, Melanie. M. (2012). Development and Validation of the implicit information from Lewis structures instrument (IILSI): do students connect structures with properties?, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 13, 195–200.
- Costa, A.L.(ed). (1985). *Developing Minds: A Resource Book for Teaching Thinking*, Alexandria : ASCD.
- Collet, C, Hine, D & Du Plessis, K (2015) Employability skills: Perspectives from a knowledge-intensive industry. *Education and Training* 57(5)
- Cresswel, Jhon W dan Vicky L Plano Clark (2007). *Designing and Conducting Mixed Methods Research*, SAGE Publications Inc, California.
- Corey, E. J.; Cheng, X.-M. *The Logic of Chemical Synthesis*, John Wiley & Sons, New York, 1995, pp 38.
- Dar, Yasseri,; Finley, Patrick M.; Mayfield, Blayne E.; Davis, David W.; Thompson, Penny; Vogler, Jane S. (2018). The hard work of soft skills: augmenting the project-based learning experience with interdisciplinary teamwork. *Instructional Science*. **46** (3): 457–488.
- Darden L., (2002), Strategies for discovering mechanisms: Schema instantiation, modular subassembly, forward/backward chaining, *Philos. Sci.*, 69, S354-S365.
- Darden L. and Craver C. F., (2002), Strategies in the interfield discovery of the mechanism of protein synthesis, *Stud. Hist. Philos. Biol. Biomed. Sci.*, 33, 1-28.
- de Arelano, Daniel Cruz-Ramirez & Marcy H. Towns (2014). Students Understanding of Alkyl Halide Reactions in Undergraduate Organic Chemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, 1-15.
- D'Angelo, John G. (2014). Use of Screen to Produce Media for Organic Chemistry, *Journal of Chemical Education*, 91, 678-683.
- Dewey, J. (1997). *Education and Experience*,. New York. Touchstone.



- Egami, Hiromichi, Shimizu Ryo, Kawamura Shintaro, and Sodeoka Mikiko. (2013). Alkene Trifluoromethylation Coupled with C-C Bond Formation: Construction of Trifluoromethylation Carbocycles and Heterocycles. *Angew.Chem*, 125, 4092-4095.
- Ennis,R.H. (1985). A logical basis for measuring critical thinking skills. *Educational Leadership* 43, (1), 44-48.
- Edgar, Landon. J.G, Karoluk, Katherine J, Golmakani Mehrnaz, and Dicks, Andrew P. (2014). Green Chemistry Decision-Making in an Upper-Level Undergraduate Organic Laboratory. *J. Chem. Educ.* 91, 1040 –1043.
- Facione, P.A. (2013). *Critical Thinking : What It Is and Why It Counts Measured Reasons*. The California Academic Press, Millbrae, CA.
- Fautch, Jessica M. (2015). The Flipped Classroom for Teaching Organic Chemistry in Small Classes: Is it Effective?. *Chemistry Education Research and Practice*, 16, 179-186.
- Fessenden, Fessenden. 1992. *Kimia Organik. (Terjemahan Aloysius Hadyana Pudjaatmaka)*. Edisi ketiga. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Flynn, Allison B & Robbyn Biggs. (2011). Implementation of a Problem Based Learning Format in Fourth- Year Undergraduate Synthetic Organic and Medicinal Chemistry Laboratory Course, *J. Chem. Educ.*, 89, 52–57.
- Flynn, Allison B. (2011). Developing Problem Skills through Retrosynthetic Analysis and Clickers in Organic Chemistry, *J. Chem.Educ.* 88, 1496-1500.
- Flynn, Allison B. (2014). How do Students Work through Organic Synthesis Learning Activities?, *Chemical Education Research and Practice*, 15, 747-762.
- Flynn, Allison B. (2015). Structure and evaluation of flipped chemistry courses: organic & spectroscopy, large and small, first to third year, English and French. *Chem. Educ. Res. Pract.*,16.198-211.
- Galloway, Kelli R, and Bretz, Stacey Lowery. (2015). Using Cluster Analysis to Characterize Meaningful Learning in a First-Year University Chemistry Laboratory Course. *Chem. Educ. Res. Pract.*,2015.
- Global SchoolNet ( 2013). *Introduction to Project-Based Learning*. [online] Diambil dari tanggal 9 April 2015 dari <http://www.gsn.org/Web/pbl/htm>
- Gallego, Marth, C. J., Lee, G. M., Lebold, J.C., Kulyk, T. P., Kou, S., Qin, K. G. M., R, Lilien., and R, Sarpong. (2015). Network- analysis-guided synthesis of Weisaconitine D and liljestrandinine. *Nature*, 528,493-498.

- Graulich, Nicole, et al. (2012). Heuristic chemistry- a qualitative study on teaching domain-specific strategies for the six-electron case, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2012, 13, 337–347.
- Grove, Nathaniel P & Bretz, Stacey lowery. (2012). A continuum of learning: From rote memorization to meaningful learning in organic chemistry, [\*Chemistry Education Research and Practice\*](#) 13(3):201-208
- Grove, Nathaniel P, et al (2012<sub>a</sub>). Decorating With Arrows : Toward the Development of Representational Competence in Organic Chemistry, *J. Chem. Educ.*, 89, 844 –849.
- Grove, Nathaniel P, et al. (2012<sub>b</sub>). Does Mechanistic Thinking Improve Student Success in Organic Chemistry ?. *J. Chem. Educ.*, 89, 850–853.
- Gregor, Richard W. ( 2012). Synthesis of Bisphenol Z: An Organic Chemistry Experiment, *J. Chem. Educ.*, 89, 669 –671.
- Greeno, J. G. (2006). *Learning in activity*. In R. K. Sawyer (Ed.), The Cambridge handbook of the learning sciences (pp. 79-96). New York: Cambridge University Press.
- Goh, Shermin S, Chaubet Guilhem, Grockel Brigit, Cordonnier, Marie-Caroline A. Barrs, Hannah, Philips, Andrew W, and Anderson, Edward A. (2015). Total Synthesis of (+)-Rubriflordilactone A. *Angew. Chem.Int. Ed*, 54, 12618-12621.
- Guildford, J. P.(1986). *Fundamental Statistic in Phycology and Education*. New York: Mac Graw-Hill Book co.inc
- Hake, R. (1998). Interactive Engagement Vs Traditional Method: A Six Thousands Students Survey of Mechanics Test data for Introductory Physics Courses, *American Journal of Physics*. 66 (1), 64-74.
- Hamilton, Alaina E, et al. (2013). An Operationally Simple Aqueous Suzuki – Miyaura Cross-Coupling Reaction for an Undergraduate Organic Chemistry Laboratory, *Journal of Chemical Education*, 90, 1509-1513.
- Hippkins, R. (2006). *The Nature of The Key Competencies*. Wellington: O' NZCER.
- Horta, Javier H. (2011). Simple Microwave-Assisted Claisen and Dieckmann Condensation Experiments for the Undergraduate Organic Chemistry Laboratory, *J. Chem. Educ.*, 88, 1014–1015.
- Hartman, Olaf and Kalesse, Markus. (2014). The Structure Elucidation and Total synthesis of  $\beta$ - Lipomycin. *Angew. Chem. Int.Ed.*53, 7335-7338.

- He, Ying, Wu Hongmaio, and Toste, F. Dean.(2014). A Dual Catalytic Strategy for Carbon– Phosphorus Cross-Coupling via Gold and Photoredox Catalysis. *Chemical Science*, 2014.
- Hye-Jung Lee<sup>1</sup>, h., & Cheolil Lim<sup>1</sup>, c. (2012). Peer Evaluation in Blended Team Project-Based Learning: What Do Students Find Important?. *Journal of Educational Technology & Society*, 15(4), 214-224.
- Hakim, Aliefman, Liliyasi, Kadarohman Asep, and Syah, Yana Maolana. (2016a). Making a Natural Product Chemistry Course Meaningful With a Mini Project Laboratory. *J.Chem. Educ.*, 93, 193-196.
- Hakim, Aliefman, Liliyasi, Kadarohman Asep, and Syah, Yana Maolana. (2016b). Effects of the Natural Product Mini Project Laboratory on the Student Conceptual Understanding. *Journal of Turkish Science Education*, Vol.13, Issue 2, 27-36.
- Halpern, D.(1999). Teaching for Critical Thinking: Helping college students develop the skills and disposition of critical thinker. *New Direction for Teaching and Learning*, 80, 69-74
- Iler, H. Daller, Justice, David, Brauer, Shari and Landis Amanda. (2012). Discovering <sup>13</sup>C NMR, <sup>1</sup>H NMR, and IR Spectroscopy in the General Chemistry Laboratory through a Sequence of Guided Inquiry Exercises,*J.Chem.Educ.*, 89, 1178-1182.
- Johnson, E.B. (2002). *Contextual Teaching and Learning : What It is and Why It's Here to Stay*. California: Corwin Press, Inc.
- Kayala, Mathew A and Baldi Pierre. (2012). Reaction Predictor: Prediction of Complex Chemical Reaction at the Mechanistic Level using Machine Learning. *J. Chem. Inf. Model.* 52, 2526-2540.
- Kayahara, Eiichi, Kumar Patel, Vijay, and Yamago Shigeru. (2013). Synthesis and Characterization of [5]Cyclopharaphenylene. *J. Am. Chem. Soc.*,136, 2284-2287.
- Kappe, Oliver C, Pieber Bartholomaeus, and Dallinger Doris. Microwave Effects in Organic Synthentic: Myth or Reality?. *Angew.Chem. Int. Ed*, 52, 1088-1094.
- Kumi, Bryna C, et al. (2013). Evaluating the effectiveness of organic chemistry textbooks in promoting representational fluency and understanding of 2D– 3D diagrammatic relationships, *Chem . Edu . Res . Pract .*, 14, 177—187.
- Kelemen D. and Rosset E., (2009), The human function compunction: teleological explanation in adults, *Cognition*, 111, 138-143.

- Knoll, M. (1997). The project method: its origin and international development. *Journal of Industrial Teacher Education* .34 (3), 59-80.
- Knoll, M. (2014). *Project Method. Encyclopedia of Educational Theory and Philosophy*, ed. C.D. Phillips. Thousand Oaks, CA: Sage. Vol. 2., pp. 665–669.
- Laredo T, (2013) Changing the First-Year Chemistry Laboratory Manual to Implement a Problem Based Approach That Improve Student Engagement, *Journal of Chemical Education*, 90, (9), 1151-1154.
- Liang, C.D and Bridgeman, A.J. (2011). Quantitative Analysis in The General Chemistry Laboratory : Training Students to Analyze Individual Result in The Context of Collective Data. *Journal of Chemical Education*, 88, (7), 979-982.
- Liaou, Biao Jin, Nie Lin, Yan Hui, Jiang Li Huang, Weng Jiang and Lu Gui. (2013). Palladium-catalyzed reductive homocoupling of N'-tosyl arylhydrazines. *Org.Biomol.Chem*, 11, 8014-8017.
- Li, Zhengnian, Zhang Lijuan, and Qiu, Fayang G. (2014). A Concise Stereocontrolled Total Synthesis of (-) Stemoamide. *Asian. J. Org. Chem*, 3, 52-54.
- Liliasari. (2007). Scientific concepts and generic science skills relationship in 21<sup>st</sup> century science education. *Proceeding of the first international seminar on education*. ISBN: 979-25-0599-7, Bandung, UPI.
- Liliasari. (2011). *Pengembangan keterampilan generik sains untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa*. Makalah seminar Joint UiTM.
- Leutner, Detlev. (2013). Motivation and Emotion As A Mediator in Multimedia Learning, *Learning and Instruction*, 29, 174-175
- MacKay, James A. & Nicholas R. Wetzel. (2014). Exploring the Wittig Reaction : A Collaborative Guided-Inquiry Experiment for the Organic Chemistry Laboratory, *Journal of Chemical Education*, 91, 722-725.
- Mayer, Richard E. (2014). Incorporating Motivation into Multimedia Learning. *Learning and Instruction*, 29, 171-173
- McClary, L & Talanquer, V (2011) *Int. J. Sci. Educ.*, vol. 33, no. 10, pp. 1433–1454, 2011.
- Muller, J, (2012) Simple Explicit Animation (SEA) Approach in Teaching Organic Chemistry , *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 69:227–232.
- Markham, T. (2011). Project Based Learning. *Teacher Librarian*, 39(2), 38-42.

- Miri, B., David, B. C., & Uric, Z. (2007). Purposely teaching for the promotion of high-order thinking skills: A case of critical thinking, *Research Science Education*, 37, 353-369.
- Morgan, John P and Shrimp, Jonathan H. (2014). N-Heterocyclic Carbene-Catalyzed Alcohol Acetylation: An Organic Experiment Using Organocatalysis. *J. Chem. Educ*, 91, 911-914.
- Raker, Jeffrey R. & Marcy H. Towns. (2012). Problem types in Synthetic Organic Chemistry research: Implication for the Development of Curricular Problems for Second-Year Level Organic Chemistry Instruction, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 13, 277–285.
- Raker, Jeffrey R. & Marcy H. Towns. (2012). Designing undergraduate-level organic chemistry instructional problems: Seven ideas from a problem-solving study of practicing synthetic organic chemists, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 13, 179–185.
- Raker, Jeffrey R. & Thomas A. Holme. (2014). A Historical Analysis of the Curriculum of Organic Chemistry Using ACS Exams as Artifacts, *Journal of Chemical Education*, 90, 1437-1442.
- [Saylor](#), Greg L., [Chen](#), Linxi., [Kupferle](#), Margaret J. (2011), Using toxicity testing to evaluate electrochemical reactor operations. *Environmental Chemistry* <https://doi.org/10.1002/etc.1719>
- Suma, K. (2003). *Pembekalan Kemampuan-Kemampuan Fisika bagi Calon Guru*. Disertasi., Bandung: PPS.UPI
- Sudarmin. (2012). *Keterampilan Generik Sains dan Penerapannya dalam Pembelajaran Kimia Organik*. Semarang Penerbit UNNES Press:
- Stieff Mike, Ryu Minjung, Dixon Bonnie and Hegarty Marry. (2012). The Role of Spatial Ability and Strategy Preference for Spatial Problem Solving in Organic Chemistry. *J. Chem. Educ.* 89, 854–859.
- Southam, Daniel C, Shand Bradley, Buntine, Mark A, Kable, Sott H, Read, Justin R, and Morris, Jonathan C. (2013). The timing of An Experiment in The Laboratory Program is Crucial for The Student Laboratory Experience: Acylation of Ferrocene as A Case Study. *Chem. Educ. Res. Pract*, 14, 476-484.
- Shiroishi, Y., Uchiyama, K. and Suzuki, N., (2018). Society 5.0: For Human Security and Well-Being. *Computer*, 51(7), pp.91-95.
- Stephenson, N.S., & McKnight, N.P.S. (2016). Developing critical thinking skills using science writing heuristic in the chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 72-79.

- Schneiderman, Deborah K, et al. (2014). Sustainable Polymers in the Organic Chemistry Laboratory: Synthesis and Characterization of A Renewable Polymer from  $\delta$ - Decalactone and L-Lactide, *Journal of Chemical Education*, 91, 131-135.
- Sloop, Joseph C, Tsoi, Mai Yin and Coppock Patrick. (2016). Benefits of Using a Problem –Solving Scaffold for Teaching and learning Synthesis in Undergraduate Organic Chemistry. *I. IJ-oTL* Vol.10,No.1, Art 8.
- Talanquer V, (2007), Explanations and Teleology in Chemistry Education, *Int. J. Sci. Educ.*, 29, 853-870
- Thomas, Rebecca M, and Shea, Kevin M. (2012). Synthesis of Di- and Trisubstituted Azulenes Using a Danheiser Annulation as the Key Step: An Advance Organic Laboratory Experiment. *J. Chem. Educ*, 90, 110-114.
- The George Lucas Educational Foundation.(2005). *Edutopia Modules*. Didownload April 29, 2019, dari Instructional Module Project Based Learning:Instructional. <http://www.edutopia.org/modules/PBL/whatpbl>.
- Toure, O.; Dussap, C.-G; Lebert, A. (2013). "Comparison of Predicted pKa Values for Some Amino-Acids, Dipeptides and Tripeptides,Using COSMO-RS, ChemAxon and ACD/Labs Methods". *Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP Energies Nouvelles*. 68(2): 281–291
- Tsubogo, Tsetsu, Oyamada, Hidekazu, and Kobayashi Shu. (2015). Multistep continous-flow synthesis of (R)- and (S)-rolipram using heterogenous catalyst.*Nature*,520,329-332.
- Tricot, André and Sweller, John, (2014) Domain-Specific Knowledge and Why Teaching Generic Skills Does Not Work, *Educational Psychology Review*, Special Issue: Cognitive Load Theory: A Broader View on Role of Memory in Learning and Education, Vol. 26, No. 2, pp. 265-283
- Parapilly, Maria B, Siddiqui Salim, Zadnick, Marjan G, shapter Joe and Schimdt Lisa. (2013). An Inquiry-Based Approach to Laboratory Experiences: Investigating Students' Ways of Active Learning. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 21(5), 42-53.
- Pierce, Jean W. (2013). *Problem Based Learning: Learning and Teaching in The context of Problems*. Handbook Northern Illinois University Beau Fly Jones Ohio School Net. Hlm. 68-96.
- Pine, Stanley H.et. al. (1980). *Organic Chemistry. Fourth edition*. United States: McGraw-Hill.
- Pelter, Michael W and Walker, Natalie M. (2012). A Discovery- Based Hydrochlorination of Carvone Utilizing a Guided-Inquiry Approach To

Determine the Product Structure from  $^{13}\text{C}$  NMR Spectra. *J. Chem. Educ.* 89, 1183–1185.

Perrault, et al., (2017). Utilizing project-based learning to increase sustainability attitudes among students. *Applied Environmental Education & Communication*.(2):96– 105

Plass, Jan L. Heidig, Steffi, Hayward, Elizabeth O, Homer, Bruce D., and Enjoon Um .(2014). Emotional design in multimedia learning: Effects of shape and color on affect and learning. *Learning and Instruction*, 29, 128-140

Varsavsky, C.(2001). *Developing Generic Skills of First Year Science Students*. [Online]. <http://science.universe.edu.au./workshop/fye2/varsav.pdf> [20 Maret 2012].

van Rens, Lisette, van Dijk, hans, Mulder Jan, and Nieuwland Pieter. (2013). Using a Web Application To Conduct and Investigate Syntheses of Methyl Orange Remotely. *J. Chem. Educ.*, 90, 574-577.

Wang, Jingying, Jou, Min, Yaozhong Lv, and Huang, Chun-Chiang. (2018). An Investigation on Teaching Performances of Model-Based Flipping Classroom for Physics Supported by Modern Teaching Technologies. *Computers in Human Behavior*, 84, 36-48

Warr, Wendy A. (2014). A Short Review of Chemical Reaction database Systems, Computer-Aided Synthesis Design, reaction Prediction and Synthetic Feasibility. *Mol.Inf.*, 33, 469-476.

Warren, Stuart; Wyatt, Paul (2008). *Organic Synthesis: The Disconnection Approach (2nd ed.)*. [ISBN 978-0-470-71236-8](https://doi.org/10.1002/9780470712368).

Wilson, F.R., Pan,W., &Schumsky, D.A. (2012). Recalculation of the Critical Values for Lawshe's Content Validity Ratio. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*. 45(3),835-848.

Yadav, Vikramaditya G. (2014). Combining Metabolic Pathway Design and Retrosynthetic Planning for the Design of a Novel Semisynthetic Manufacturing Scheme for Paclitaxel. *Org. Process.Res. Dev.*,18,816-826.

Zheng, Danqing, Li Ying, An Yuanyuan, and Wu Jie. (2014). Aminosulfonylation of aromatic amines, sulfur dioxide and hydrazines. *Chem. Commun*, 50,8886-8888.